

ارزیابی ارگونومیک وظایف حمل دستی بار صنایع مواد غذایی شهرستان ملارد با استفاده از نرم افزار سه بعدی «پیش بینی نیروی استاتیک» و روش شاخص کلیدی KIM

سیدتقی میرمحمدی^۱، علی قلی زاده عباس آباد^۲، سیدنورالدین موسوی نسب^۳، سیداسماعیل حسینی نژاد^۴، حمیرا علی زاده^۵

چکیده

مقدمه: وظایف حمل دستی بار می تواند در کوتاه مدت باعث خستگی شده و در بلندمدت بارکاری فیزیکی و آسیب های اسکلتی-عضلانی در افراد را افزایش دهد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی ارگونومیک وظایف حمل دستی بار انجام شد. **روش ها:** این مطالعه به صورت توصیفی، تحلیلی و مقطعی در سال ۱۳۹۶ بر روی ۱۰۰ نفر از کارگران صنایع غذایی شهرستان ملارد انجام شد. برای تعیین فراوانی اختلالات اسکلتی-عضلانی از پرسشنامه نوردیک و برای ارزیابی ارگونومیک وظایف حمل دستی بار از دو روش نرم افزار «پیش بینی نیروی استاتیک» و روش شاخص کلیدی KIM استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده ها نیز با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ صورت پذیرفت.

نتایج: بیشترین فراوانی ناراحتی اسکلتی-عضلانی افراد مربوط به اندام پا و قوزک پا بود (۲۶ درصد). از روش شاخص کلیدی، امتیاز نهایی ریسک در ۶۱ درصد وظایف بین ۱۰ تا ۲۴ و در ۳۹ درصد آن ها بین ۲۵ تا ۴۹ به دست آمد. همچنین نتایج در نرم افزار «پیش بینی نیروی استاتیک» نشان داد نیروهای فشاری و برشی وارد به دیسک L5/S1 به ترتیب در ۳۰ و ۸ درصد از پوسچر کارگران از حد مجاز بالاتر بودند.

بحث و نتیجه گیری: اغلب ریسک فاکتورهای وظایف بلندکردن دستی بار در این مطالعه با استفاده هم زمان از دو روش شاخص کلیدی KIM و نرم افزار 3DSSPP به طور کامل و دقیق مورد ارزیابی ارگونومیک قرار گرفتند؛ بنابراین با این ارزیابی ها می توان شرایط ارگونومیک حمل دستی بار را با دقت بیشتری اصلاح و تعدیل نمود.

واژگان کلیدی: روش شاخص کلیدی KIM، حمل دستی بار، نرم افزار 3DSSPP، صنایع غذایی، پرسشنامه نوردیک

مقدمه

امروزه علیرغم ماشینی شدن اغلب فرآیندهای تولیدی صنعتی، هنوز فعالیت های زیادی به صورت دستی در صنایع گوناگون انجام می شود که تحت عنوان حمل دستی بار (MMH (Manual Material Handling

شناخته می شود (۱،۲). این فعالیت ها شامل بلندکردن، پایین آوردن، هل دادن، کشیدن و حمل و جابه جایی بار می باشد (۳). کارگران در انجام فعالیت های حمل دستی بار ممکن است در معرض چندین ریسک فاکتور، به ویژه ریسک فاکتورهای فیزیکی از جمله

۱- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، مازندران، ایران

۲- کارشناس ارشد، گروه آموزشی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، مازندران، ایران

۳- دانشیار، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، مازندران، ایران

۴- دکتر، گروه آموزشی بیومکانیک و رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، ایران

۵- کارشناس ارشد، مرکز بهداشت ملارد، دانشگاه علوم پزشکی ایران، ایران

Email: gholizadeh1350@gmail.com

نویسنده مسئول: علی قلی زاده عباس آباد

آدرس: ساری، کیلومتر ۱۸ جاده خزرآباد، مجتمع دانشگاه علوم پزشکی پیامبر اعظم (ص)، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دانشکده بهداشت

تلفن: ۰۹۱۹۲۲۴۷۸۷۳ فاکس: ۰۱۱۳۳۵۴۲۴۷۳

پوسچرهای نامناسب، حرکات تکراری، اعمال نیروی زیاد، نقاط فشار و پوسچرهای استاتیک قرار گیرند (۳، ۴).

مواجهه مکرر یا مستمر با یکی یا ترکیبی از ریسک فاکتورهای عنوان شده می‌تواند نخست باعث خستگی و ناراحتی شده و در طولانی‌مدت، موجب بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی (MSDs) (Musculoskeletal Disorders) به‌ویژه کمردرد مرتبط با کار گردد (۴). چرا که حمل دستی بار یک فعالیت کاری مرتبط با اختلالات کمر است و می‌تواند بار مکانیکی بالایی را روی کمر اعمال نماید (۵). به‌خصوص چنانچه این‌گونه فعالیت‌ها با تکرار و وزن بالا انجام شود، در ایجاد کمردردهای شغلی یک ریسک فاکتور محسوب می‌گردد (۶). در سال ۱۹۹۷ میلادی، مؤسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (National Institute for Occupational Safety and Health) از بررسی شواهد اپیدمیولوژیکی ارتباط بین اختلالات قسمت تحتانی کمر با ریسک فاکتورهایی نظیر کار فیزیکی سنگین، اعمال نیروی زیاد و بلندکردن بار، پوسچر نامناسب، ارتعاش تمام بدن و پوسچرکاری استاتیک دریافت که شواهد ارتباط اختلالات قسمت تحتانی کمر با ریسک فاکتورهای اعمال نیروی زیاد و بلند کردن دستی بار نسبت به بقیه ریسک فاکتورها بیشتر است (۷).

همچنین بر اساس گزارش مؤسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا سالانه حدود نیم میلیون کارگر در آمریکا به درجات مختلف آسیب‌های ناحیه کمر مبتلا می‌شوند و این گزارش حاکی از این حقیقت است که در حدود ۶۰٪ غرامت‌های ناشی از صدمات جسمانی مربوط به فعالیت بلندکردن دستی بار است

(۲، ۳) و نیز طبق گزارش کمیسیون ایمنی و بهداشت انگلستان بیش از ۲۵٪ حوادث مربوط به جابه‌جایی دستی کالا است (۸). آسیب‌های ناشی از ریسک فاکتورهای وظایف حمل دستی بار به‌ویژه اعمال نیروی زیاد، بافت‌هایی نظیر عضلات، تاندون‌ها و لیگامنت‌ها را درگیر کرده و هرگاه تنش و ضربه ناشی از آن ریسک فاکتورها از قدرت و دامنه حرکتی بافت‌ها تجاوز نماید، بافت دچار آسیب‌های پیچ‌خوردگی (sprain)، کشیدگی (strain) یا پارگی می‌شود. آسیب‌های ناشی از بلندکردن، هل دادن یا کشیدن بار اغلب از این نوع هستند (۹).

بررسی که در سال ۲۰۱۳ میلادی توسط سازمان جهانی بهداشت (World Health Organization) WHO انجام شده حاکی از آن است که آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در بین مشکلات مربوط به سلامت افراد رتبه دوم را دارا بوده و حدود ۴۸٪ از کل بیماری‌های ناشی از کار را شامل می‌شود، به‌طوری‌که هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم آن بیش از ۱/۲۹ میلیارد دلار می‌شود (۴). در کشور ما نیز میزان اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار در اثر انجام فعالیت‌های مکرر بلندکردن دستی بار، زیاد می‌باشد (۱۰). از طرفی یافته‌های آماری واحد کار اداره ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (Occupational OSHA (Safety and Health Administration نشان داده که حدود ۵۰٪ کمردردها مربوط به بلندکردن، ۱۰٪ مربوط به هل دادن و کشیدن و ۶٪ نیز مربوط به حمل دستی بار می‌باشد (۱۱)؛ بنابراین عدم توجه به مسائل و مشکلات حمل دستی بار در صنایع نه تنها از نظر سلامت و ایمنی شغلی در کارگران باعث بروز مشکلات جسمانی می‌شود، بلکه از دیدگاه اقتصادی نیز موجب به وجود آمدن

خسارت‌های مالی می‌شود (۳).

وظایف حمل دستی بار در صنایع غذایی مورد مطالعه نیز همانند دیگر صنایع، با ریسک فاکتورهایی نظیر حرکات تکراری، خمش و چرخش کمر و اعمال نیروی زیاد همراه هستند که می‌تواند کارگران را در معرض بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار قرار دهد؛ بنابراین شناسایی و ارزیابی ریسک فاکتورهای مربوط به آن وظایف و تعیین فراوانی ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی کارگران شاغل لازم است. در همین راستا در این مطالعه هم‌زمان از دو روش شاخص کلیدی (Key Indicator Index) KIM و نرم‌افزار پیش‌بینی نیروی استاتیک استفاده گردید، تا ریسک فاکتورهای موجود در وظایف حمل دستی بار در این صنایع مورد ارزیابی کامل قرار بگیرد. از طرفی جهت اطلاع از میزان تأثیر ریسک فاکتورهای حمل دستی بار بر فراوانی اختلالات اسکلتی-عضلانی در کارگران مورد مطالعه از پرسشنامه عمومی نوردیک (۱۲) بهره گرفته شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه مقطعی توصیفی-تحلیلی با کد اخلاقی شماره IR-MAZUMS-REC-3067-1396 مورد تأیید دانشگاه علوم پزشکی مازندران قرار گرفت و در بازه زمانی خرداد تا مرداد سال ۱۳۹۶ انجام شد. هدف اول طرح تعیین نیروهای وارد بر بدن کارگران در حمل دستی بار بوده است. به همین علت حجم نمونه بر اساس نتایج بررسی‌های قبلی که در این زمینه انجام شده (۱۳) با استفاده از فرمول برآورد میانگین و با در نظر گرفتن سطح معنی‌داری یا اطمینان ۹۵٪ ($z=1/96$)، حاشیه خطا (d) ۲۰۰ نیوتن و انحراف معیار (σ) نیروی فشاری وارده بر کمر بر

اساس مطالعات مشابه حدود ۹۰۰ نیوتن، ۷۸ نفر تعیین گردید؛ ولی به منظور بالا بردن دقت در مطالعه تعداد ۱۰۰ نفر مورد بررسی قرار گرفتند. جامعه آماری این مطالعه از میان کلیه کارگران مرد با وظیفه بلندکردن و پایین آوردن دستی بار که در ۹ صنعت غذایی شهرستان ملارد، حداقل یک سال به فعالیت حمل دستی بار اشتغال داشته و سابقه حادثه تأثیرگذار و اختلالات مادرزادی در سیستم اسکلتی-عضلانی نداشته‌اند، به طور تصادفی (خوشه‌ای) و به تعداد نمونه مورد نیاز انتخاب گردید. ابتدا فرم‌های اطلاعات عمومی و دموگرافیک کارگران بررسی شد و سپس پرسشنامه عمومی نوردیک، برای افراد بی‌سواد توسط پژوهشگر و برای افراد باسواد توسط خودشان تکمیل گردید. در ادامه برای ارزیابی ریسک ابتلاء به اختلالات اسکلتی-عضلانی و نیز برای تحلیل بیومکانیکی فعالیت بلندکردن و پایین آوردن دستی بار از نرم‌افزار سه‌بعدی «پیش‌بینی نیروی استاتیک» 3D Static strength prediction program=3DSSPP استفاده شد. این برنامه نرم‌افزاری بر پایه ۳۵ سال تحقیق مرکز ارگونومی دانشگاه میشیگان پیرامون موضوع توانایی نیروی استاتیکی و بیومکانیکی کارگران مرتبط با نیازهای فیزیکی محیط کار بوده و یکی از روش‌های مناسب برای آنالیز حرکات آهسته در وظایف حمل دستی بار به‌ویژه برای ارزیابی ریسک فاکتورهایی نظیر پوسچر نامناسب، عدم تعادل بدن در هنگام بلندکردن بار، چرخش بدن و نیروهای وارده به بدن به ویژه کمر می‌باشد؛ زیرا که در محاسبات بیومکانیکی تأثیر سرعت و مقدار حرکت اهمیت ندارد، به عبارتی این نرم‌افزار یک شاخص کمی برای تحلیل بیومکانیکی فعالیت بلندکردن و پایین آوردن بار و یک مدل

بیومکانیکی استاتیک است که نیروهای فشاری و برشی وارده به مفصل لمبوساکرال ($L5/S1$) و دیسک بین مهره‌های ($L4/L5$) را بر اساس پوسچر بدن و بزرگی وزن بار و ابعاد آنتروپومتریکی محاسبه می‌کند (۱۴، ۱۵).

برای آنالیز پوسچر کارگران مورد مطالعه در وظایف بلندکردن و پایین آوردن بار، ابتدا مقادیر وزن و قد کارگر در بخش آنتروپومتري و وزن باری که کارگر با دو دست خود بلند می‌کند در پنجره ورود اطلاعات بارهای دست ($Hand\ load$) نرم‌افزار وارد شد. سپس برای به دست آوردن اطلاعات مربوط به هر پوسچر از دو بعد روبرو و کناری (نیمرخ) عکس تهیه شده و در پنجره مربوط برنامه وارد گردید. برای تخمین زوایای مفاصل مختلف بدن در پوسچر مورد مطالعه و شبیه‌سازی آن در نرم‌افزار، از سه طریق ۱- عکس‌های تهیه شده از پوسچرها ۲- تعیین موقعیت بار نسبت به بدن کارگر در برنامه ۳- وارد کردن مستقیم زوایای اتصال (مفاصل) در پنجره ورود اطلاعات زوایای بدن استفاده گردید. پس از شبیه‌سازی پوسچر کارگر، نرم‌افزار آنالیزهای مختلفی را از جمله آنالیز سه‌بعدی کمر برای تعیین میزان نیروی فشاری وارد بر دیسک بین مهره‌های $L4/L5$ و آنالیز کمر در محور ساجیتال برای تعیین نیروی فشاری وارد بر $L5/S1$ به همراه کشش یا فشار رباط و نیروهای برشی وارد بر $L5/S1$ انجام داد، تا اینکه بر اساس مقادیر حاصله، ریسک ابتلا به آسیب‌های کمری به دست آمد (۱۵).

بر اساس توصیه NIOSH مقدار نیروی فشاری کمتر

یا مساوی ۳۴۰۰ نیوتن بیانگر ریسک پایین آسیب کمر، ۳۴۰۰ تا ۶۴۰۰ نیوتن ریسک آسیب کمر متوسط و مقدار بالاتر از ۶۴۰۰ نیوتن ریسک آسیب کمری زیاد می‌باشد و در نیروی برشی کمتر یا مساوی ۵۰۰ نیوتن ریسک آسیب به کمر پایین و بالاتر از این مقدار ریسک آسیب کمر زیاد می‌گردد (۱۵).

همچنین جهت ارزیابی ریسک ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی در وظایف بلندکردن دستی بار از روش شاخص کلیدی KIM استفاده گردید. این روش توسط مؤسسه فدرال ایمنی و بهداشت شغلی آلمان در سال ۲۰۰۱-۲۰۰۷ ارائه گردیده است و یکی از کامل‌ترین و معتبرترین روش‌های ارزیابی وظایف حمل دستی بار و نیز وظایف دستی می‌باشد. این روش دارای سه کاربرد متفاوت از جمله برای ارزیابی وظایف بلندکردن، نگه داشتن و حمل کردن بار، برای ارزیابی وظایف کشیدن/هل دادن بار و برای ارزیابی وظایف دستی یا وظایف غیر حمل دستی بار می‌باشد. در این مطالعه کاربرد وظایف بلندکردن، نگه داشتن و حمل کردن بار به کار برده شد. در این کاربرد عواملی نظیر تکرار و مدت‌زمان بلندکردن بار، میزان وزن بار یا نیروی عمل واقعی، پوسچر بدنی و فاصله بار تا بدن و نیز شرایط کاری که به‌عنوان شاخص‌های کلیدی در بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی شناخته می‌شوند، ارزیابی می‌شوند. در این روش دامنه ریسک مطابق جدول ۱ به سطوح ۱ تا ۴ تقسیم می‌گردد (۱۴).

جدول ۱: تعیین اقدام اصلاحی با توجه به امتیاز ریسک در هر سه روش (کاربرگ) شاخص کلیدی KIM

امتیاز ریسک (امتیاز نهایی)	دامنه ریسک	توصیف
کمتر از ۱۰	۱	مقدار بار کم، بروز بار فیزیکی اضافی بعید به نظر می‌رسد.
۱۰ - ۲۴	۲	مقدار بار افزایش یافته، بار فیزیکی اضافی ممکن است برای افراد بیش از ۴۰ سال و کمتر از ۲۱ سال رخ دهد. برای آن گروه افراد، طراحی مجدد محیط کار مفید خواهد بود.
۲۵ - ۴۹	۳	مقدار بار به شدت افزایش یافته است. بار فیزیکی اضافی ممکن است برای افراد عادی رخ دهد. طراحی مجدد محیط کار توصیه می‌شود.
۵۰ و بالاتر	۴	میزان بار بالا، بار فیزیکی اضافی به احتمال زیاد رخ می‌دهد. طراحی مجدد محیط کار ضروری است.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ برای آماره‌های توصیفی و آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن به لحاظ غیر پارامتریک بودن داده‌ها، برای تعیین ارتباط بین سابقه کار، نمایه توده بدنی کارگران و ارتباط فراوانی اختلالات اسکلتی-عضلانی با میزان نیروهای وارد بر کمر و امتیاز ریسک روش KIM، همچنین برای تعیین میزان همبستگی بین مقادیر دامنه ریسک در روش شاخص کلیدی و میزان نیروهای فشاری و برشی وارد بر کمر استفاده شد. آزمون ضریب کاپا نیز برای بررسی مقدار توافق نتایج دو روش شاخص کلیدی و نرم‌افزار سه‌بعدی «پیش‌بینی نیروی استاتیک» به کار برده شد.

نتایج

در کارگران مورد مطالعه، میانگین سن و سابقه کار به ترتیب $35/19 \pm 7/20$ و $7/58 \pm 6/34$ سال بود. میانگین وزن و قد به ترتیب $76/66 \pm 11/37$ کیلوگرم و $174/36 \pm 7/36$ سانتی‌متر و میانگین نمایه توده بدنی نیز $25/17 \pm 3/07$ به دست آمد. نتایج پرسشنامه نوردیک نشان داد که ۷۶ درصد کارگران، هیچ‌گونه علائم ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی در اندام‌های ۹ گانه خود نداشته‌اند. درحالی‌که ۲۴ درصد از کارگران، در یک سال گذشته، حداقل در یک اندام و

حداکثر در پنج اندام دارای علائم ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی بوده‌اند. در ضمن هیچ‌کدام از این کارگران به دلیل ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی استراحت پزشکی نداشته‌اند. فراوانی ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: فراوانی ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی کارگران در یک سال و در یک هفته اخیر (n=۱۰۰)

اندام‌های بدن	تعداد اختلالات اسکلتی-عضلانی	
	در سال گذشته	در یک هفته اخیر
گردن	۱۷	۷
شانه	۱۸	۷
آرنج	۶	۱
مچ/دست	۱۶	۵
پشت	۲۲	۱۲
کمر	۱۲	۷
ران/باسن	۹	۱
زانو	۱۸	۵
پا و قوزک پا	۲۶	۱۳

نتایج ارزیابی فیزیکی پوسچرهای بلندکردن و پایین آوردن بار با روش شاخص کلیدی (KIM) نشان داد که میانگین وزن بار بلند شده $12/55 \pm 7/5$ کیلوگرم بود، به‌طوری‌که حداقل وزن بسته‌های مواد غذایی ۳ و حداکثر آن‌ها ۳۸ کیلوگرم بودند. درصدهای فراوانی وزن بار در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳: فراوانی (درصد) مقادیر وزن بار در وظایف بلندکردن دستی بار

وزن بار (کیلوگرم)	فراوانی (درصد)	وزن بار (کیلوگرم)	فراوانی (درصد)
۳	۶	۱۲	۱۹
۶	۳۴	۲۰	۲۱
۸	۳	۲۵	۱۱
۱۰	۵	۳۸	۱

میانگین امتیاز ریسک (امتیاز نهایی) در روش شاخص کلیدی $7/6 \pm 26/76$ به دست آمد، که از لحاظ دامنه ریسک در سطح ۳ قرار می‌گیرد. همچنین ۶۱ درصد میانگین امتیاز ریسک (امتیاز نهایی) در روش شاخص کلیدی $7/6 \pm 26/76$ به دست آمد، که از لحاظ دامنه ریسک در سطح ۳ قرار می‌گیرد. همچنین ۶۱ درصد آن‌ها دامنه ریسک ۳ داشتند (جدول ۴).

جدول ۴: فراوانی (درصد) امتیاز نهایی ریسک وظایف بلندکردن بار در شاخص کلیدی

امتیاز نهایی ریسک	دامنه ریسک	فراوانی (درصد)
کمتر از ۱۰	۱	۰
۱۰ - ۲۴	۲	۶۱
۲۵ - ۴۹	۳	۳۸
۵۰ و بالاتر	۴	۱

میانگین امتیاز تکرار بلندکردن بار در یک روز $1/9 \pm 6$ بار در روز می‌باشد (جدول ۵). به دست آمد که مربوط به فرکانس حدود ۲۰۰ تا ۵۰۰

جدول ۵: فراوانی امتیاز مربوط به زمان در وظیفه بلندکردن بار در شاخص کلیدی ($n=100$)

بلندکردن بار (کمتر از ۵ ثانیه)		
تکرار در یک روز	امتیاز	تعداد/درصد وظیفه
کمتر از ۱۰	۱	۰
۱۰ - ۳۹	۲	۷
۴۰ - ۱۹۹	۴	۳۰
۲۰۰ - ۴۹۹	۶	۳۷
۵۰۰ - ۹۹۹	۸	۲۳
۱۰۰۰ و بالاتر	۱۰	۳

نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل پوسچر کارگران مورد مطالعه در هنگام بلند کردن و یا پایین گذاشتن دستی بار در نرم افزار 3DSSPP نشان داد که میانگین نیروی فشاری وارد شده به مفصل لمبوساکرال $5/88 \pm 23/368$ نیوتن به دست آمد. $(L5/S1)$ و دیسک بین مهره‌های ۴ و ۵ کمتری $(L4/L5)$ به ترتیب $97/9 \pm 2833/08$ نیوتن و $967/8 \pm 2835/81$ نیوتن می‌باشد. همچنین میانگین نیروی برشی نیز $5/88 \pm 23/368$ نیوتن به دست آمد.

فراوانی نیروی فشاری وارد بر مفصل L5/S1 در جدول ۶ آمده است.

جدول ۶: توزیع فراوانی نیروی فشاری وارده بر مفصل L5/S1 کارگران برحسب ریسک آسیب (n=۱۰۰)

مقدار نیروی فشاری (نیوتن)	درصد
۳۴۰۰ ≤ نیروی فشاری (ریسک پایین)	۷۰
۳۴۰۰ < نیروی فشاری (ریسک متوسط)	۳۰
نیروی فشاری < ۶۴۰۰ (ریسک بالا)	۰

۵۰۰ نیوتن (ریسک بالا) بودند. بر اساس نتیجه آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن، بین سابقه کار کارگران و میزان نیروهای وارده بر L5/S1 رابطه معناداری وجود نداشت ($P > ۰/۰۸۷$)؛ ولی طبق نتیجه جدول ۷ رابطه بین نمایه توده بدنی (Body Mass Index) BMI کارگران و میزان نیروهای وارد بر L5/S1 معنادار بود ($P < ۰/۰۰۱$). به این مفهوم که هرچه مقدار BMI بالاتر باشد میزان نیروی فشاری و برشی نیز بیشتر می شود.

در ۶۶ درصد کارگران نیروی فشاری وارد بر دیسک L4/L5 کمتر یا مساوی با ۳۴۰۰ نیوتن بود که بر اساس توصیه NIOSH ریسک آسیب به کمر در سطح پایین قرار می گیرد؛ ولی در ۳۴ درصد از کارگران نیروی فشاری مربوطه بین ۳۴۰۰ تا ۶۴۰۰ نیوتن بود و ریسک آسیب به کمر آن، در سطح متوسط بود. از نظر میزان نیروی برشی وارد شده بر L5/S1 نیز ۹۲ درصد کارگران در معرض نیروی برشی کمتر و یا مساوی با ۵۰۰ نیوتن (ریسک پایین) و ۸ درصد آن ها در معرض نیروی برشی بیشتر از

جدول ۷: ارتباط بین نمایه توده بدنی و میزان امتیاز ریسک و نیروهای فشاری و برشی وارد بر کمر

نمایه توده بدنی		
ضریب همبستگی اسپیرمن	سطح معناداری	
۰/۲۴۴	۰/۰۱۵	امتیاز ریسک
۰/۴۱۹	<۰/۰۰۱	نیروی فشاری وارد بر L5/S1
۰/۳۹۶	<۰/۰۰۱	نیروی فشاری وارد بر L4/L5
۰/۴۸۶	<۰/۰۰۱	نیروی برشی وارد بر L5/S1

برشی وارده بر دیسک بین مهره های L4/L5 و L5/S1 معنادار بود (جدول ۸).

همچنین همبستگی بین امتیاز ریسک (امتیاز نهایی) در روش شاخص کلیدی و میزان نیروهای فشاری و

جدول ۸: ارتباط بین میزان امتیاز ریسک روش شاخص کلیدی و نیروهای فشاری و برشی وارد بر کمر

امتیاز ریسک KIM		
ضریب همبستگی اسپیرمن	سطح معناداری ($P < ۰/۰۵$)	
۰/۳۹۹	<۰/۰۰۱	نیروی فشاری وارد بر L5/S1
۰/۳۵۴	<۰/۰۰۱	نیروی فشاری وارد بر L4/L5
۰/۲۶۰	۰/۰۰۹	نیروی برشی وارد بر L5/S1

یافته‌های این مطالعه نشان داد که بین فراوانی اختلالات اسکلتی - عضلانی و میزان نیروهای فشاری و برشی وارد بر کمر و همچنین امتیاز ریسک در روش شاخص کلیدی رابطه معناداری وجود ندارد. بر اساس آزمون ضریب کاپا، توافق بین امتیاز ریسک روش شاخص کلیدی و میزان نیروهای فشاری وارد بر کمر ضعیف می‌باشد ($P < 0/001$).

بحث

بر اساس یافته‌های این مطالعه بیشترین شیوع اختلالات اسکلتی - عضلانی به ترتیب در پاها (۲۶ درصد)، پشت (۲۲ درصد)، زانوها (۱۸ درصد)، مچ دست‌ها (۱۶ درصد) و در نهایت کمر (۱۲ درصد) بود. نتایج مطالعه طایفه رحیمیان و همکاران در بررسی شیوع اختلالات اسکلتی - عضلانی کارگران در یک صنعت مواد غذایی در سال ۱۳۹۲ به این نتایج نزدیک است (۱۶). مطالعه حبیبی و همکاران هم نشان داد، بیش‌ترین شیوع ناراحتی اسکلتی - عضلانی کارگران درگیر با حمل دستی کالا در صنعت لبنیات مربوط به ناحیه کمر (۸۶ درصد)، زانو (۶۶ درصد) و شانه (۴۴ درصد) می‌باشد که ثابت می‌کند وظایف حمل دستی بار در هر صنعتی می‌تواند علت اصلی اختلالات اسکلتی - عضلانی در شاغلین باشد (۱۷). همچنین نتایج پژوهش درمحمدی و همکاران بر روی کارگران چینی‌آلات در سال ۱۳۹۰، بالا بودن شیوع اختلالات اسکلتی - عضلانی در زانو و پا، پشت و کمر و شانه کارگران در وظایف حمل دستی بار را نشان داد (۱۱).

میانگین امتیاز نهایی ریسک (۲۶/۷۶) وظایف بلندکردن دستی بار در روش شاخص کلیدی نشان می‌دهد که دامنه ریسک وظایف در سطح ۳ قرار دارد،

و این بدان معنا است که سطح مقدار بار به شدت افزایش یافته و می‌تواند برای افراد عادی بار فیزیکی اضافی رخ بدهد؛ بنابراین طراحی مجدد محیط کار توصیه شده است. علت بالا بودن میانگین امتیاز نهایی ریسک در این روش می‌تواند ناشی از بالا بودن تکرار بلندکردن بار در یک روز و پوسچرهای نامطلوب باشد. نتایج مطالعه معتمدزاده و همکاران مبنی بر این‌که دامنه ریسک در وظیفه تولید بطری و تأمین مواد اولیه بطری‌سازی به ترتیب ۴ و ۳ بوده است، با نتایج این مطالعه همخوانی دارد (۱۸). اسکندری و همکاران نیز در مطالعه‌ای که با هدف بررسی شیوع اختلالات اسکلتی - عضلانی و ارزیابی ارگونومیکی ریسک ناشی از حمل دستی بار با روش شاخص کلیدی KIM در بین شاغلین یک صنعت خودروسازی انجام پذیرفت، به نتایج مشابه‌ای دست یافتند (۱۰).

نتایج تجزیه و تحلیل نرم‌افزار 3DSSPP نشان داد که در ۳۰ درصد وظایف ارزیابی شده، نیروی فشاری وارده به دیسک L5/S1 بیشتر از ۳۴۰۰ نیوتن و کمتر از ۶۴۰۰ نیوتن می‌باشد که بر اساس توصیه NIOSH سطح ریسک آن متوسط به حساب می‌آید. نتایج مطالعه مرشدی و همکاران بالا بودن نیروی فشاری وارده به کمر کمک بهیاران در حمل دستی بار با وزن ۱۲/۵ کیلوگرم را نشان داده که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد، چون میانگین وزن بار بسته‌های مواد غذایی در صنایع مورد مطالعه نیز $12/55 \pm 7/5$ کیلوگرم بوده است (۱۹). عواملی که باعث شده تا سطح ریسک در نتایج نرم‌افزار 3DSSPP از حد مجاز (۳۴۰۰ و پایین‌تر) بالاتر باشد، می‌تواند ناشی از پوسچرهای نامطلوب (خمش و یا چرخش کمر)، وزن بار، فاصله بار تا بدن و

ارتفاع برداشتن و گذاشتن بار، ابعاد آنتروپومتریکی (قد، وزن) و نمایه توده بدنی (BMI) کارگران باشد؛ بنابراین به دلیل این که نمایه توده بدنی یکی از عوامل تأثیرگذار در میزان نیروی فشاری و برشی وارده به کمر می باشد، ضریب همبستگی این دو نیز معنادار به دست آمده است (۲۰).

معنادار نبودن رابطه بین میزان فراوانی ناراحتی های اسکلتی - عضلانی به ویژه کمردرد در بین کارگران مورد مطالعه با میزان امتیاز ریسک شاخص کلیدی و همچنین میزان نیروهای فشاری و برشی وارد بر کمر کارگران را می توان در اثر عواملی چون چرخشی بودن وظایف اغلب کارگران برای جلوگیری از اختلال تولید در ایام مرخصی یا غیبت افراد، میزان صحت و سقم پاسخ پرسشنامه نوردیک و پایین بودن میانگین وزن بار ($12/55 \pm 7/5$ کیلوگرم) قلمداد کرد، که در این زمینه اسدی و همکاران با مطالعه روی ۱۲۰ نفر کارگران صنایع شیراز در سال ۱۳۹۳ دریافتند که برخلاف بالا بودن شیوع کمردرد در بین کارگران، درصد کمتری از کارگران در اثر میزان نیروهای فشاری و برشی وارده به کمر در معرض ریسک متوسط و بالا قرار داشتند (۳).

معنادار بودن همبستگی بین نتایج دو روش شاخص کلیدی KIM و نرم افزار 3DSSPP را می توان بیشتر به نوع پوسچر کارگران، فاصله بار تا بدن و ارتفاع برداشتن و گذاشتن بار و وزن بار مرتبط دانست، چرا که فرکانس بلند کردن بار که عامل مهمی در احتساب امتیاز نهایی ریسک روش شاخص کلیدی KIM است، در نرم افزار 3DSSPP لحاظ نمی شود.

ازجمله محدودیت های این مطالعه، عدم حضور تعدادی از کارگران به دلیل مرخصی، تغییر شیفت کاری و یا تغییر شغل در همان شرکت تولیدی، برای

ارزیابی های ارگونومی از پوسچر آن ها بود. پژوهش فزون تر با روش های دیگر ارزیابی فیزیکی ازجمله روش MAC، معادله NIOSH و QEC وظایف حمل دستی بار در کنار نرم افزار 3DSSPP می تواند در کارایی این نرم افزار در آنالیز پوسچر افراد تأثیر به سزایی داشته باشد. ضمناً پیشنهاد می شود با همان روش های ذکر شده نسبت به ارزیابی ارگونومیکی سیستم حمل دستی بار در صنایع مختلف تولیدکننده مواد غذایی پرداخته شود.

نتیجه گیری

اغلب ریسک فاکتورهای وظایف بلندکردن دستی بار در این مطالعه با استفاده هم زمان از دو روش شاخص کلیدی KIM و نرم افزار 3DSSPP به طور کامل و دقیق مورد ارزیابی ارگونومیک قرار گرفتند و در وظایفی که دارای وزن بار زیاد، پوسچر نامطلوب و ارتفاع زیاد برداشتن بار بودند، برآورد سطح ریسک آسیب به کمر توسط هر دو روش نزدیک هم بود. بنابراین با این ارزیابی ها می توان شرایط ارگونومیکی حمل دستی بار را با دقت بیشتری اصلاح و تعدیل نمود.

تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد علی قلی زاده عباس آباد دانشجوی ارگونومی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران گرفته شده است. این مطالعه به وسیله دانشگاه علوم پزشکی مازندران بر اساس طرح مصوب ۹۶-۳۰۶۷ حمایت مالی شده است. نویسندگان این مقاله از همه مدیران، کارکنان و کارگران زحمتکش صنایع غذایی شهرستان ملارد که در این تحقیق مشارکت داشتند، تشکر و قدردانی می نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله هیچ گونه تعارض منافع ندارند.

References

1. Lin CJ, Wang SJ, Chen HJ. A field evaluation method for assessing whole body biomechanical joint stress in manual lifting tasks. *Ind Health* 2006;44(4):604-12. doi.org/10.2486/indhealth.44.604
2. Motamedzade M, Dormohammadi A, Amjad Sardrodi H, Zarei E, Dormohammadi R, Shaffi Motlagh M. The role of ergonomic design and application of NIOSH method in improving the safety of load lifting tasks. *Arak Medical University Journal* 2013; 16(75): 90-100. Persian
3. Asadi N, Choobineh A, Keshavarzi S, Daneshmandi H. Estimation of forces exerted on the lower back in manual load lifting using 3DSSPP software. *J Ergon* 2015;2(4):25-31. Persian
4. Rossi D, Bertoloni E, Fenaroli M, Marciano F, Alberti M. A multi-criteria ergonomic and performance methodology for evaluating alternatives in "manuable" material handling. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2013;43(4):314-27. doi:10.1016/j.ergon.2013.04.009
5. Gagnon D, Plamondon A, Lariviere C. A biomechanical comparison between expert and novice manual materials handlers using a multi-joint EMG-assisted optimization musculoskeletal model of the lumbar spine. *J Biomech* 2016;49(13):2938-2945. doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.07.009.
6. Faghih MA, Motamedzadeh M, Mohammadi H, Habibi Mohraz M, Bayat H, Arassi M, et al. Manual material handling assessment by snook tables in Hamadan casting workshops. *Iran Occupational Health* 2013; 10(1):60-9. Persian
7. Greenland KO, Merryweather AS, Boswick DS. Prediction of peak back compressive forces as a function of lifting speed and compressive forces at lift origin and destination - a pilot study. *Saf Health Work* 2011; 2(3): 236-42. doi: 10.5491/SHAW.2011.2.3.236
8. Motamedzadeh M, Shafiei Motlagh M, Darvishi E. Ergonomics intervention in manual handling of oxygen cylinders in a steel industry. *Journal of Health and Safety at Work* 2013;3(1):19-28. Persian
9. Workplace Health and Safety bulletin. Lifting and Handling Loads – Part 1 Reviewing the Issues; 2010. [cited 2018 Nov 6]. Available from: <https://open.alberta.ca/dataset/a0e6170e-631d-4f2a-98a8-5a91348e0506/resource/c1b0d81b-0d79-43a9-9526-d55b35ce8e82/download/2691963-2010-08-lifting-and-handling-loads-part-1.pdf>
10. Eskandari D, Nourizadeh N, Saadati H, Mohammadpour S, Gholami A, The prevalence of musculoskeletal disorders and occupational risk factors in Kashan SAIPA automobile industry workers by key indicator method (KIM), 1390. *Journal of Health and Safety at Work* 2012;2(1):27-36. Persian
11. Dormohammadi A, Motamedzade M, Amjad Sardrodi H, Zarei E, Asghari M, Musavi S. Comparative assessment of manual material handling using the two methods of NIOSH lifting equation in a tile manufacturing company MAC and revised. *Iran Occupational Health Journal* 2013;10(5):71-81. Persian
12. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sorensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon* 1987;18(3):233-7. doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-X
13. Allahyari T, Hedayati S, Khalkhali H, Ghaderi F. A comparative survey on forces exerted to low back in patient manual handling. *J Ergon* 2014;2(2):1-8. Persian
14. Keikhamoghaddam AA. *Ergonomics Assessment Methods*. 1th. Tehran: Fanavaran; 2011 Persian
15. The University of Michigan Center for Ergonomics. 3D Static Strength Prediction Program Version 7.01 User's Manual; 2017. [cited 2017 Nov 7] Available from: <https://c4e.engin.umich.edu/assets/3DSSPP-Version-7.0.1-Manual.pdf>
16. Tayefe Rahimian J, Choobineh A, Dehghan N, Tayefe Rahimian R, Kolahi H, Abbasi M, et al. Ergonomic evaluation of exposure to musculoskeletal disorders risk factors in welders. *J Ergon* 2014;1(3):18-26. Persian
17. Habibi E, Gharib S, Shakerian M, Hasanzadeh A. Musculoskeletal disorders and ergonomics of workers involved with analyzing the situation manually carrying goods in the dairy industry. *Journal of Health System Research* 2010;6(4):649-57. Persian
18. Motamedzade M, Payoon A, Heydari Moghaddam R, Fradmal J, Babamiri M, Heydari P. Physical ergonomic assessment by Key Indicator Index (KIM) and ergonomics intervention in a detergent-producing industry. *Journal of Ergonomics* 2017;5(1):43-50. Persian
19. Morshedi R, Boazar M, Afshari D, Ahmadi Angali K, Malek zadeh M. Biomechanical analysis of manual lifting of loads and ergonomics solutions for nursing assistants. *Journal of Ergonomics* 2015;3(1):17-24. Persian
20. Mazlomi A, Keykhmaghdam AA, Tabatabaee S F, Mokhtari Nia H. Ergonomic evaluation of

occupational low back pain using digital human modeling (DHM) and proposing its preventive countermeasures in one of car manufacturing

industry. Journal of Health and Safety at Work 2012;1(1):31-8. Persian

Ergonomic Evaluation of the Manual Material Handling Tasks in the Food Industries of Malard County Using the 3D "Static Strength Prediction Program" and the Key Indicator Method (KIM)

Sayed Taghi Mirmohammadi¹, Ali Gholizadeh Abbasabad², Seyed Nourddin Mousavinasab³, Seyed Esmaeil Hosseinienejad⁴, Homira Alizadeh⁵

Abstract

Background: Manual material handling tasks can cause fatigue in the short term and, in the long run, increase physical workload and musculoskeletal injuries in individuals. The present study was conducted with the aim of ergonomic evaluation of the manual material handling tasks.

Methods: This descriptive-analytical and cross-sectional study was carried out on 100 workers in the food industries of Malard County in 2017. The Nordic questionnaire was used to determine the frequency of musculoskeletal disorders, and the 3DSSPP software, as well as the KIM key indicator method, were used for the ergonomic assessment of the manual material handling tasks. Data analysis was performed using SPSS software (version 23).

Results: The most frequent musculoskeletal discomfort was in the foot and the ankle (26%). The key indicator method showed that the final risk score in 61% of the tasks ranged from 10 to 24, and in 39% between 25 and 49. Also, the results of 3DSSPP software showed that the compressive and shear forces on the L5 / S1 disc were higher than the permissible limit in 30 and 8 percent of the workers' posture, respectively.

Conclusion: Most of the risk factors for manual material handling tasks in this study were thoroughly and accurately evaluated using both the KIM key indicator method and 3DSSPP software. Therefore, with this evaluation, the ergonomic conditions for manual material handling can be improved more precisely.

Keywords: Key Indicator Method (KIM), Manual Material Handling (MMH), 3DSSPP Software, Food Industry, Nordic Questionnaire

Citation: Mirmohammadi ST, Gholizadeh Abbasabad A, Mousavinasab SN, Hosseinienejad SE, Alizadeh H. Ergonomic Evaluation of the Manual Material Handling Tasks in the Food Industries of Malard County Using the 3D "Static Strength Prediction Program" and the Key Indicator Method (KIM). Health and Development Journal 2019; 8(2): 175-86. [In Persian] doi: 10.22034/8.2.175

© 2019 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1- Assistant Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Iran

2- MSc, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Iran

3- Associate Professor, Department of Statistics, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Iran

4- PhD, Department of Biomechanics and Motion Behavior, Faculty of Sports, University of Mazandaran, Iran

5- MSc, Malard Health Center, Iran University of Medical Sciences, Iran

Corresponding Author: Ali Gholizadeh Abbasabad **Email:** Gholizadeh1350@gmail.com

Address: Sari, Km 18 Khazarabad Road, Payambar e Azam Complex, Mazandaran University of Medical Sciences, School of Public Health, Iran

Tel: 09192247873 **Fax:** 01133542473